Technical Note

Public Works Canada / Travaux publics Canada

Solar Programs Office (613) 998-9817

No. 2: June, 1982

Adjustment of Thermal Performance Curves for Variations in Flow Rate and Fluid Characteristics of Solar Collectors

1. SYNOPSIS

The thermal performance curve shown on Solar Product Data Sheets is derived from tests conducted using water or a water-glycol mixture at a flow rate specified by the collector manufacturer. A change to the flow rate and/or the heat transfer fluid will affect the thermal performance of the collector and the values of $F_r(\tau\alpha)$ and $F_r(U_L)$.

For a number of collectors currently in use for PUSH projects, a graph is provided that can be used to read off a correction factor "F_a" for specific operating conditions. The value of "F_a" can then be applied to the thermal performance curve to achieve a more accurate reading of the collector thermal efficiency (η) for FCHART or similar calculations

2. PROBLEM DEFINITION

- Collector tests are conducted using water or a water-glycol mixture as the heat transfer fluid and a flow rate specified by the manufacturer.

- The Collector Efficiency Curve given on Solar Product Data Sheets is therefore valid only if the collector is operating under test conditions.

- A change in collector flow rate and/or the heat transfer fluid can affect the amount of energy collected and the thermal efficiency of the collector operating under these conditions. Design calculations for sizing systems may therefore be inaccurate by 5% - 10% of actual performance due to these effects.

- Performance comparison between collectors is also inaccurate when collector data is derived from tests conducted under different conditions.

3. APPROACH

- The effect of flow rate and solar heat transfer fluid on the thermal performance of collectors was examined. All data was derived from Data Sheets or directly from the manufacturers.

- For each PUSH approved collector, a unique correction factor "F_a" was derived and plotted versus flow rate (litres per minute).

- "F_a" can therefore be used to compensate the test based values of $F_r(\tau\alpha)$ and $F_r(U_L)$ given in the thermal efficiency curves in Data Sheets.

- Since most liquid collectors can use more than one type of heat transfer fluid, "F_a" was derived for various fluids (unless the manufacturer specifically states a particular fluid cannot be used):

  i) water
  ii) ethylene glycol - 50/50 by water
  iii) propylene glycol - 50/50 by water

- All fluid properties were evaluated by 37.8°C, except for plastic swimming pool collectors which had their fluid properties evaluated at 27.7°C.

- All calculations consider the gross collector area.

. . ./3

- It is assumed that U_L does not change significantly over the normal range of operating conditions.

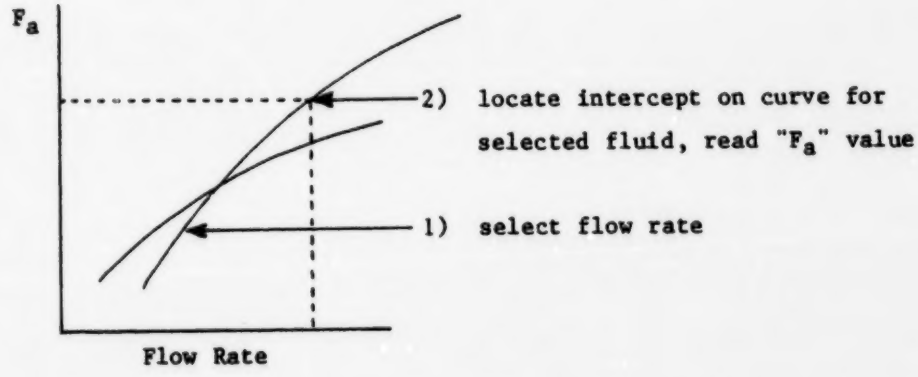
- τ and α are material properties not affected by a change in the heat transfer fluid.

4. HOW TO USE THE F_a GRAPHS

- Find the F_a graph for the required collector.

- Note: if the F_a graph is not available, F_a can be calculated as shown in Technical Note #3.

- From the graph, a reading of F_a (y axis) can be taken given the collector flow rate for the particular heat transfer fluid:



4.1 To obtain a new adjusted value for $F_r(\tau\alpha)$:

$F_r(\tau\alpha)$ new = F_a $\{F_r$ $(\tau\alpha)$ test$\}$
where $\{F_r(\tau\alpha)$ test$\}$ is taken from the collector performance test curve on the Data Sheet.

. . ./4

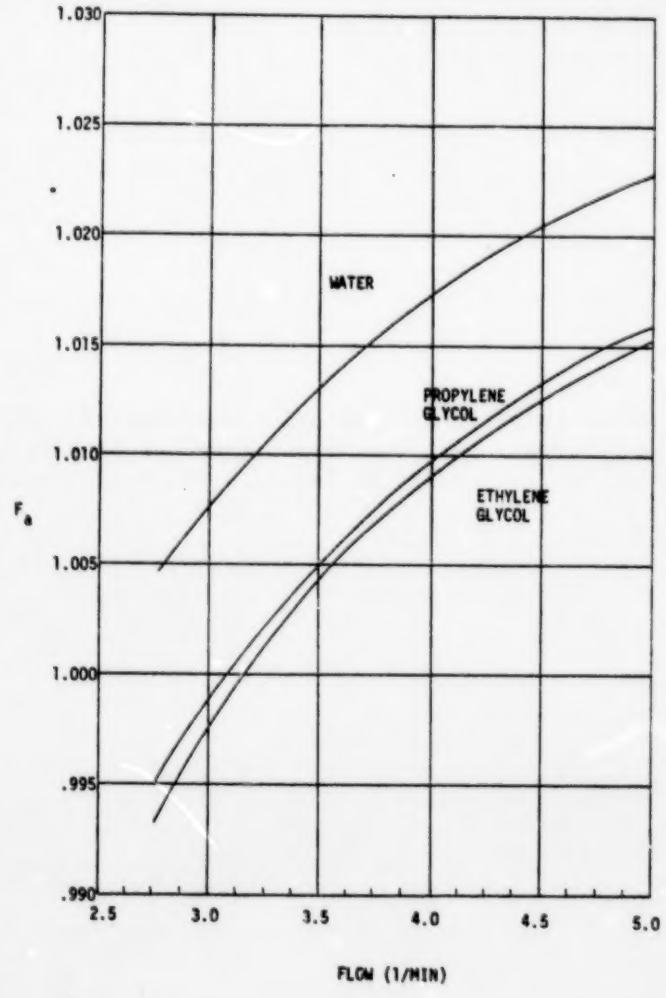
4.2 To obtain a new adjusted value for $F_r(U_L)$:

$F_r(U_L)$ new = F_a $\{F_r(U_L)$ test$\}$
where $\{F_r(U_L)$ test$\}$ is taken from the collector performance curve on the Data Sheet.

The material in this Technical Note is based in part on work performed by UNIES Ltd. of Winnipeg under PWC Contract No. 330-300-6

Amherst 100
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	2.8 L/min	.CSIA Data Sheet, 1 October 1981
Fluid	water/propylene glycol 65/35 by volume	
Date of test	January, 1977	
$F_r(\tau\alpha)$	0.74	
F_rU_L	5.5 $W/m^2.°C$	



Amherst 200
Single-Glazed
Air Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	456 to 828 L/min	.CSIA Data Sheet, 8 October 1981
Fluid	air	
Date of test	October, 1980	
$F_r(\tau\alpha)$	0.83	
F_rU_L	8.3 $W/m^2.°C$	

Based on the manufacturer's performance claims, F_r will not change significantly over the normal range of flow rates. Therefore F_a can be treated as having a value of unity.

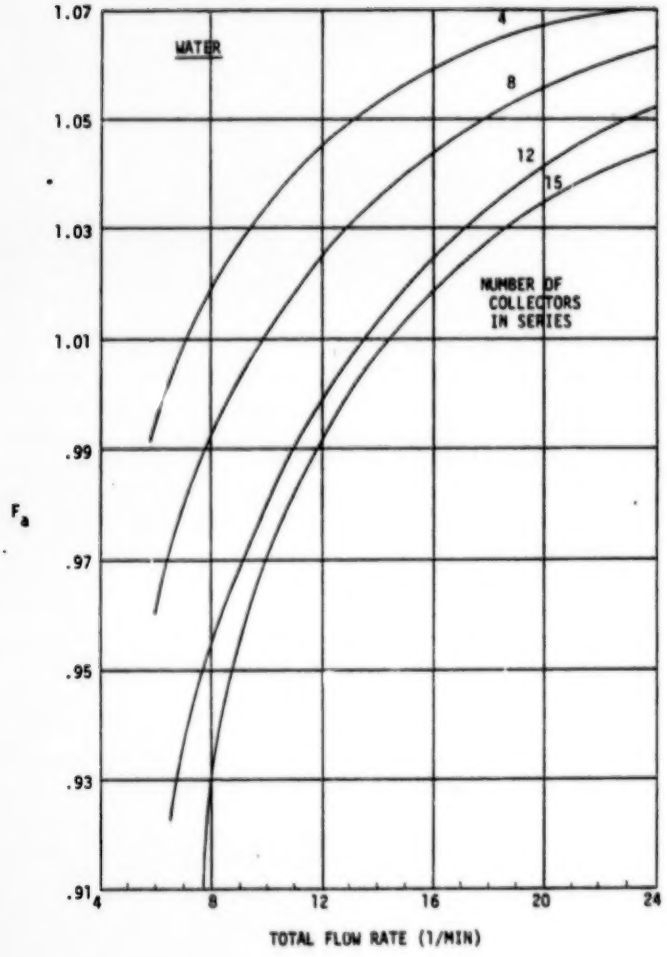
Nortec TD 1000
Single-Glazed
Thermal Diode

Test Data		Source of Information
Flow rate	6.4 L/min corrected to 1.6 L/min/collector	.CSIA Data Sheet, 26 May 1981
Fluid	water	
Date of test	unknown	
$F_r(\overline{\tau\alpha})$	0.71	
F_rU_L	3.9 $W/m^2.°C$	

The analysis used for the TD 1000 is different from that used for other collectors since it is designed to be plumbed in series rather than parallel. Therefore variations in the heat transfer coefficient, h_f, are quite pronounced. As a result three separate graphs, one for each fluid, are used to plot F_a. Values of F_a are shown as a function of flow rate and the number of collectors plumbed in series.

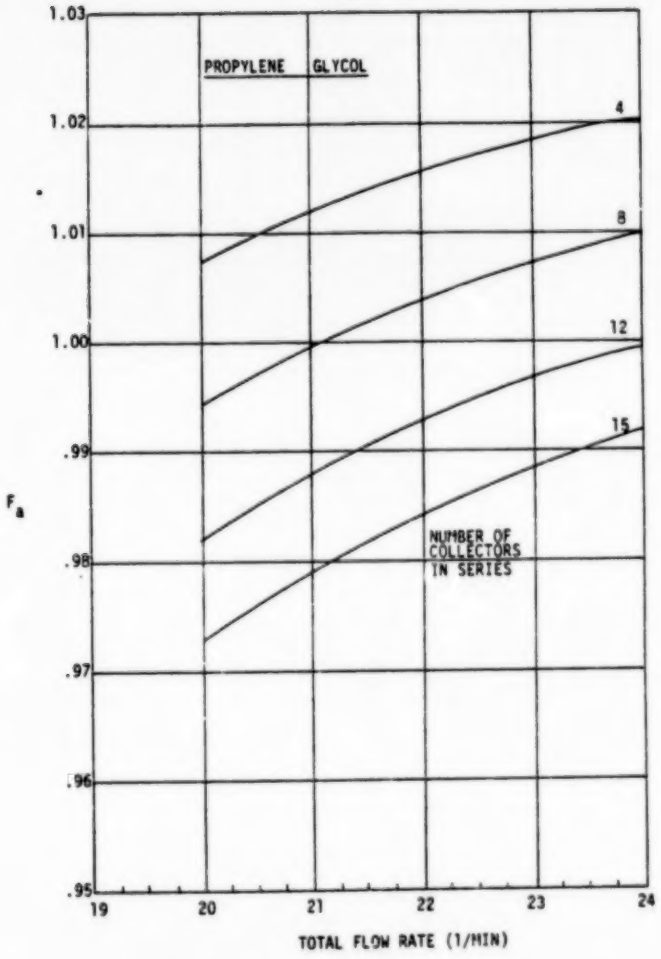
Nortec TD 1000

Water



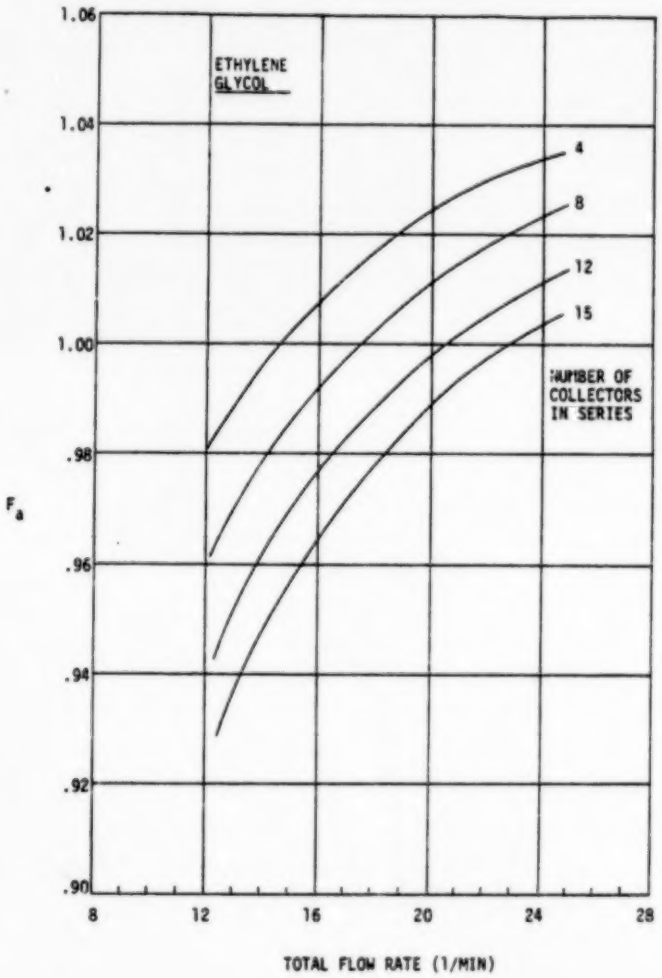
Nortec TD 1000

Propylene glycol



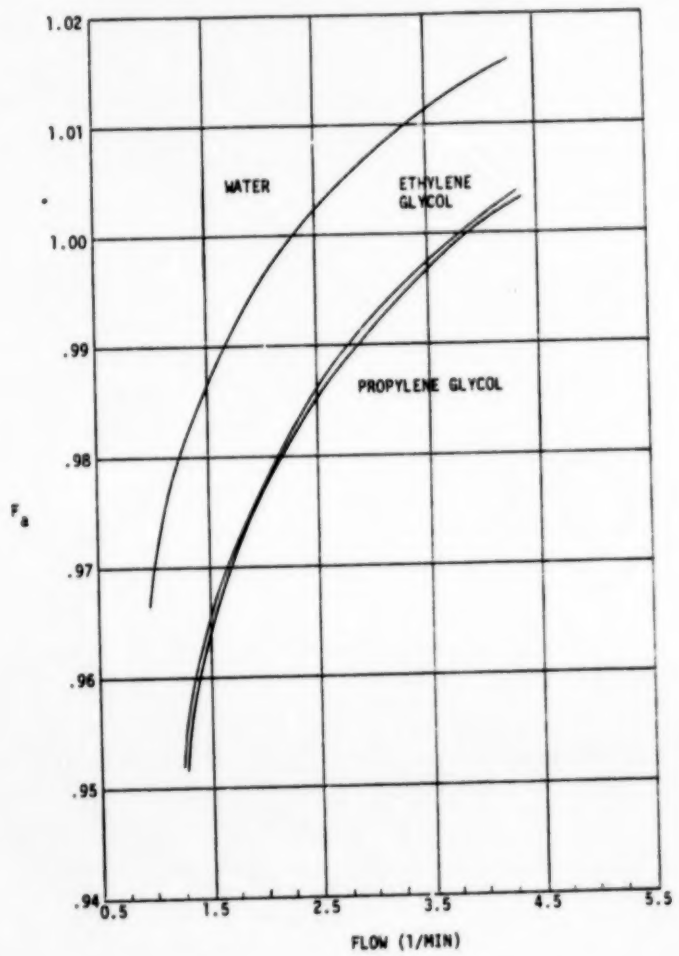
Nortec TD 1000

Ethylene glycol



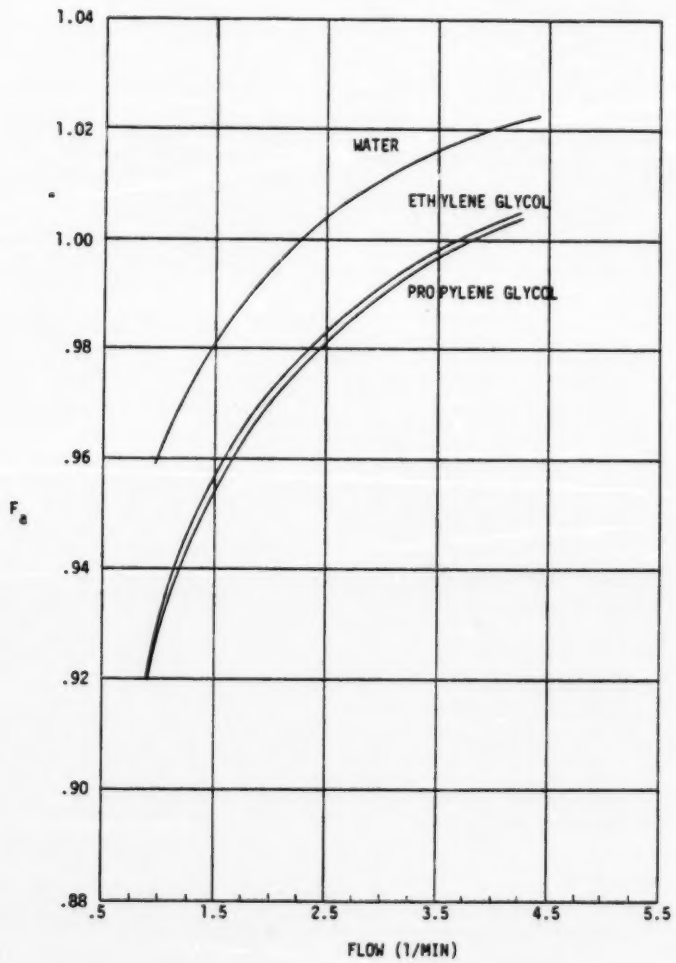
Solarsystems Sol-100
Double-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	2.3 L/min	.CSIA Data Sheet, 5 October 1980
Fluid	water	
Date of test	unknown	
$F_r(\tau\alpha)$	0.625	
$F_r U_L$	3.10 W/m^2.°C	



Solarsystems Sol-100
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	2.3 L/min	.CSIA Data Sheet, 5 October 1980
Fluid	water	
Date of test	unknown	
$F_r(\tau\alpha)$	0.66	
F_rU_L	4.0 $W/m^2.°C$	



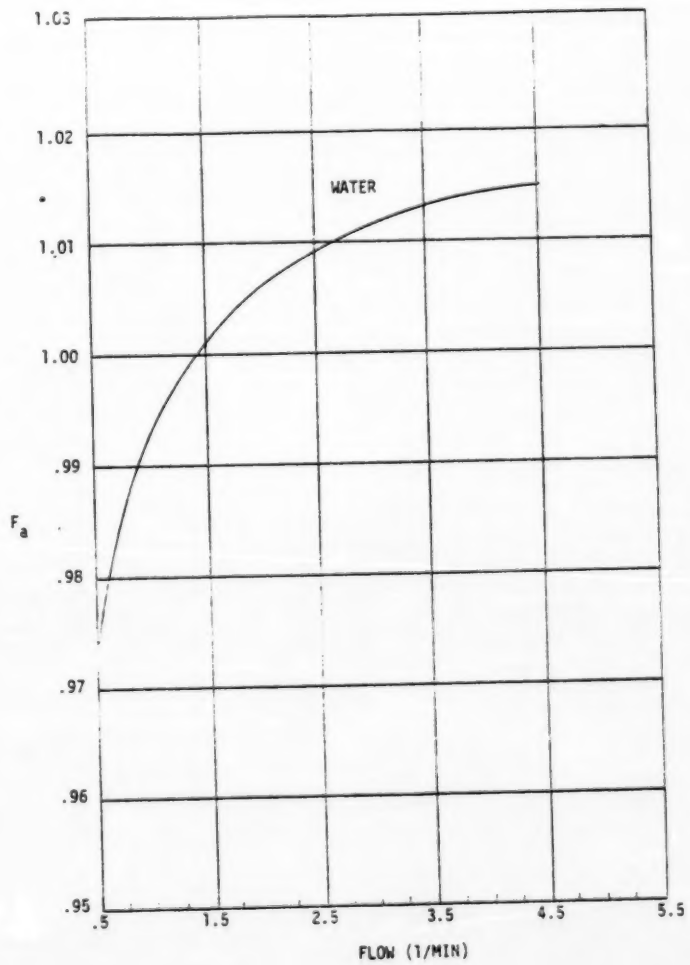
Solartech ETC Module
Evacuated Tube

Test Data

Flow rate	1.38 L/min
Fluid	water
Date of test	unknown
$F_r(\tau\alpha)$	0.43
F_rU_L	1.6 W/m^2.°C

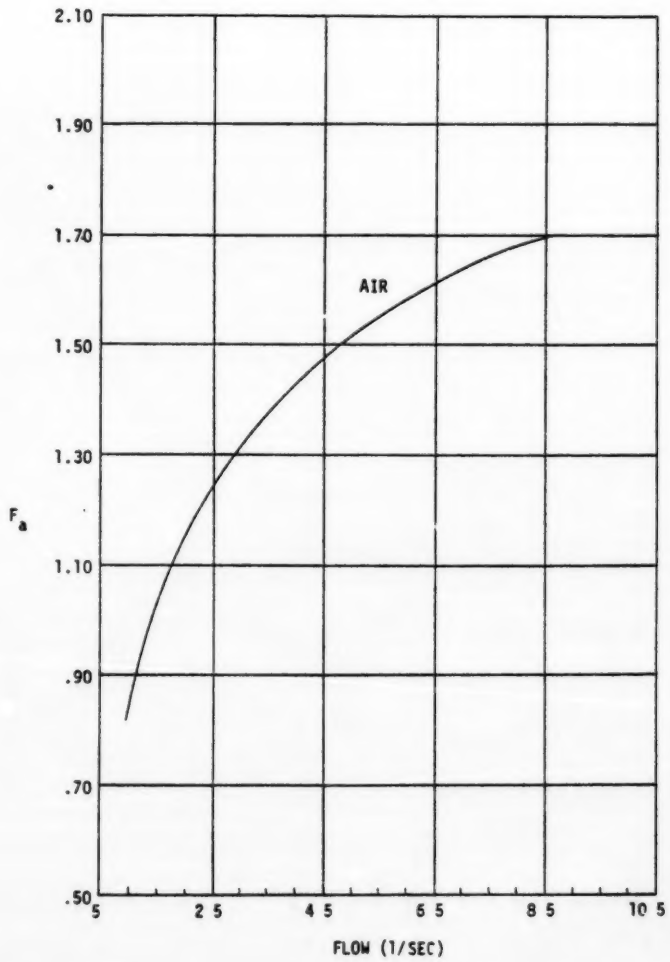
Source of Information

.CSIA Data Sheet, 012E
December 1980



Solartech Solair
Single-Glazed
Air Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	892 L/min	.CSIA Data Sheet October 1980
Fluid	air	
Date of test	October, 1978	
$F_r(\tau\alpha)$	0.46	
F_rU_L	2.9 W/m^2.°C	



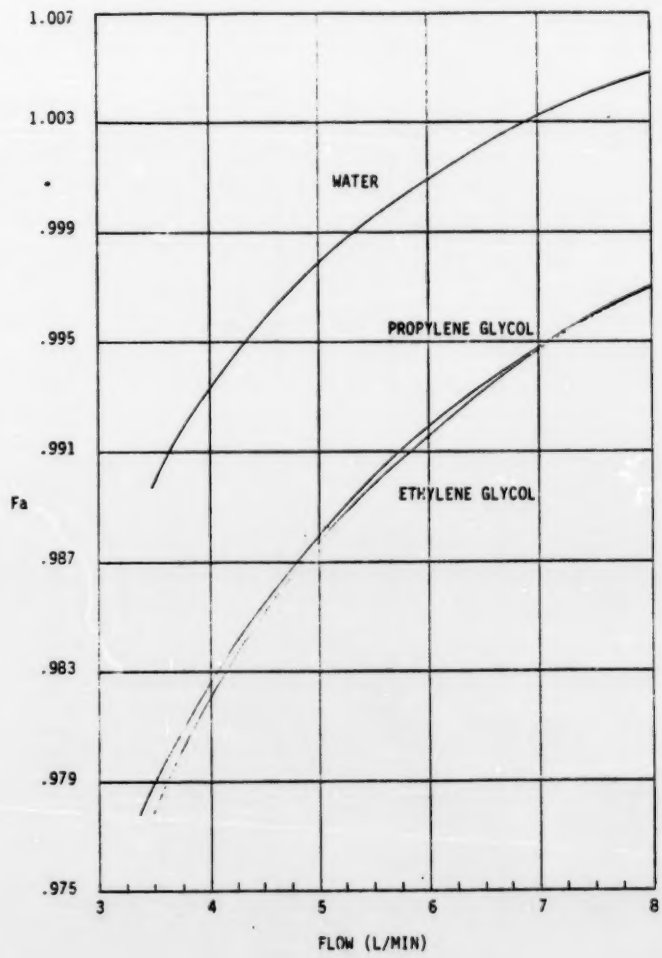
Solartronics SP 1000
Single-Glazed - Plastic
Liquid Flat Plate

Test Data

Flow rate	5.7 L/min
Fluid	water
Date of test	unknown
$F_r(\tau\alpha)$	0.730
F_rU_L	9.86 W/m^2.°C

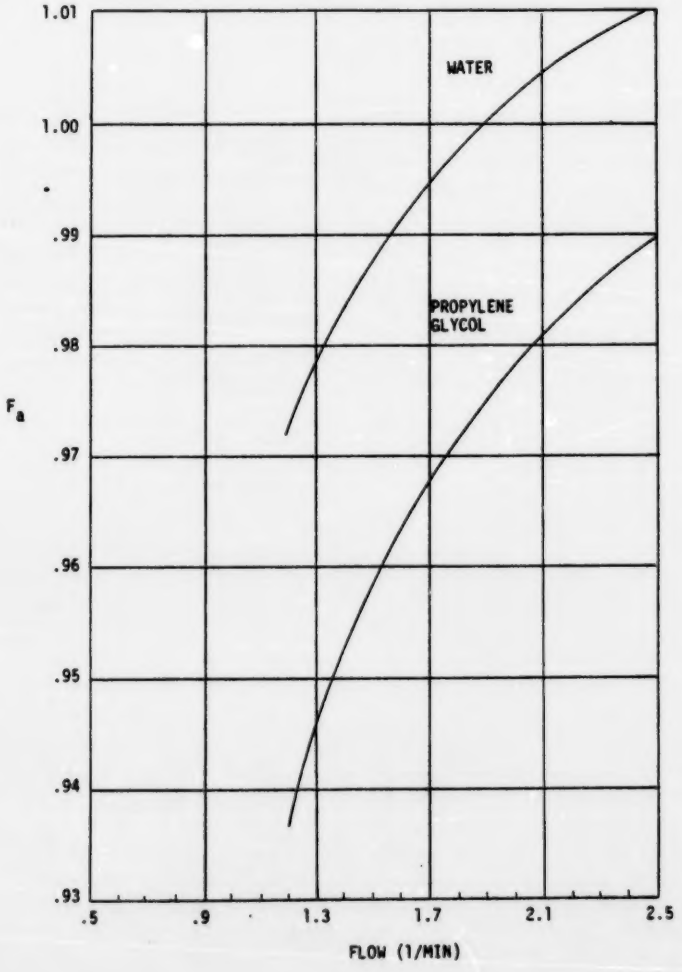
Source of Information

.CSIA Data Sheet, 013L
(not current)



Solcan 2003
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	1.93 L/min	.CSIA Data Sheet, 014L December 1980
Fluid	water	
Date of test	unknown	
$F_r(\tau\alpha)$	0.55	
F_rU_L	5.7 $W/m^2.°C$	



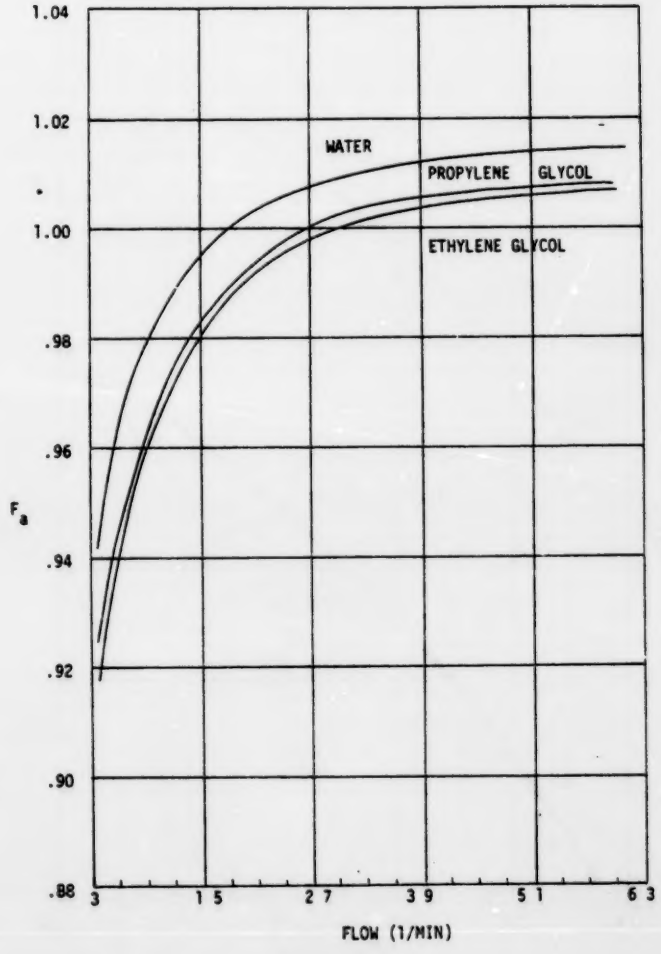
Sunglo Solar
Unglazed Plastic
Liquid Flat Plate

Test Data

Flow rate	19.0 L/min
Fluid	water
Date of test	April, 1981
$F_r(\tau\alpha)$	0.763
F_rU_L	14.5 W/m^2.°C

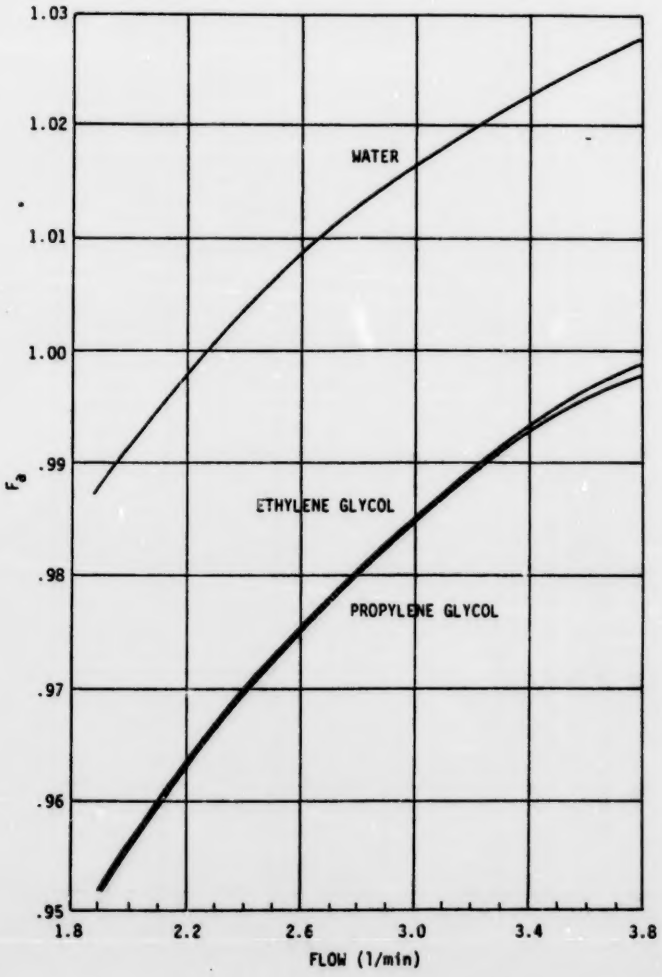
Source of Information

.CSIA Data Sheet, 016L
December 1980
(not current)



Sun Ray 37 Series
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	2.1 to 2.4 L/min	.CSIA Data Sheet, 011L December 1980 (not current)
Fluid	water	
Date of test	June, 1979	
$F_r(\tau\alpha)$	0.68	
F_rU_L	6.4 W/m^2.°C	



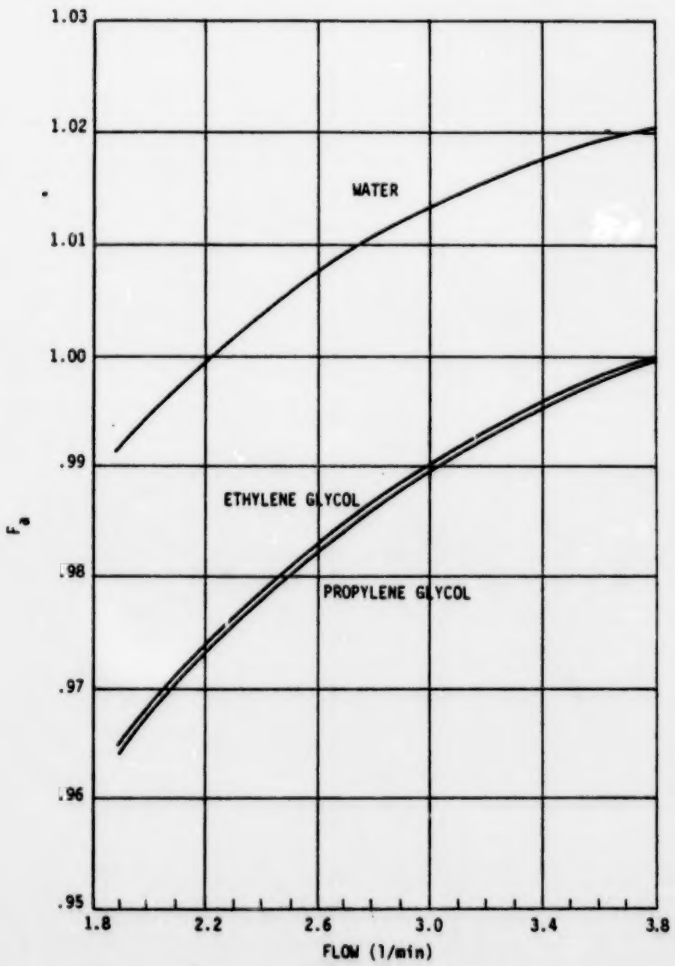
Sun Ray 37 Series
Double-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data

Flow rate	2.1 to 2.4 L/min
Fluid	water
Date of test	June, 1979
$F_r(\tau\alpha)$	0.60
F_rU_L	4.8 W/m^2.°C

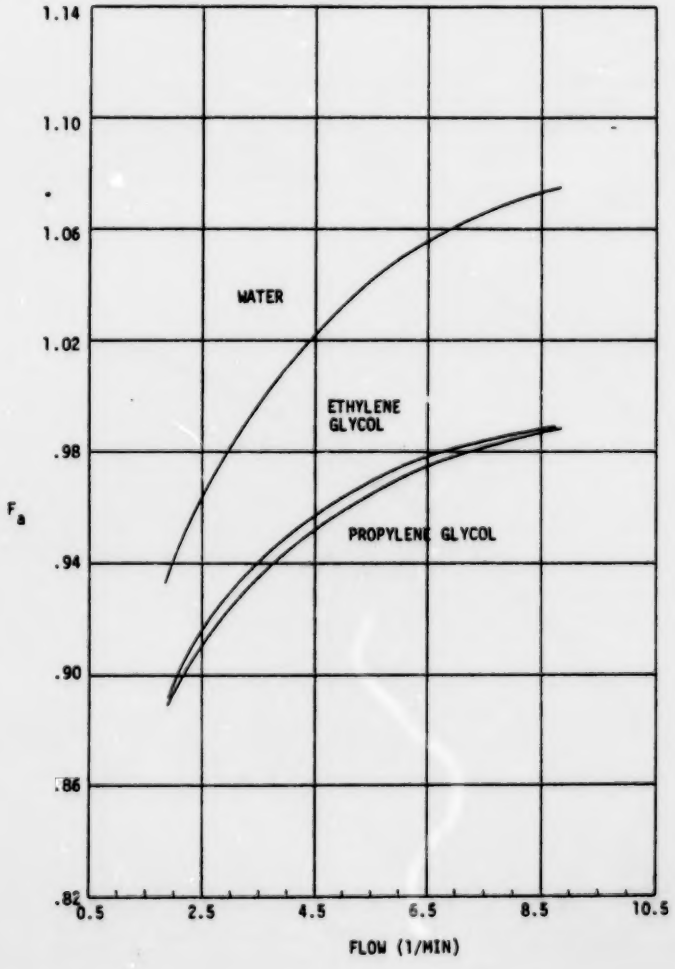
Source of Information

.CSIA Data Sheet, 011L
December 1980
(not current)



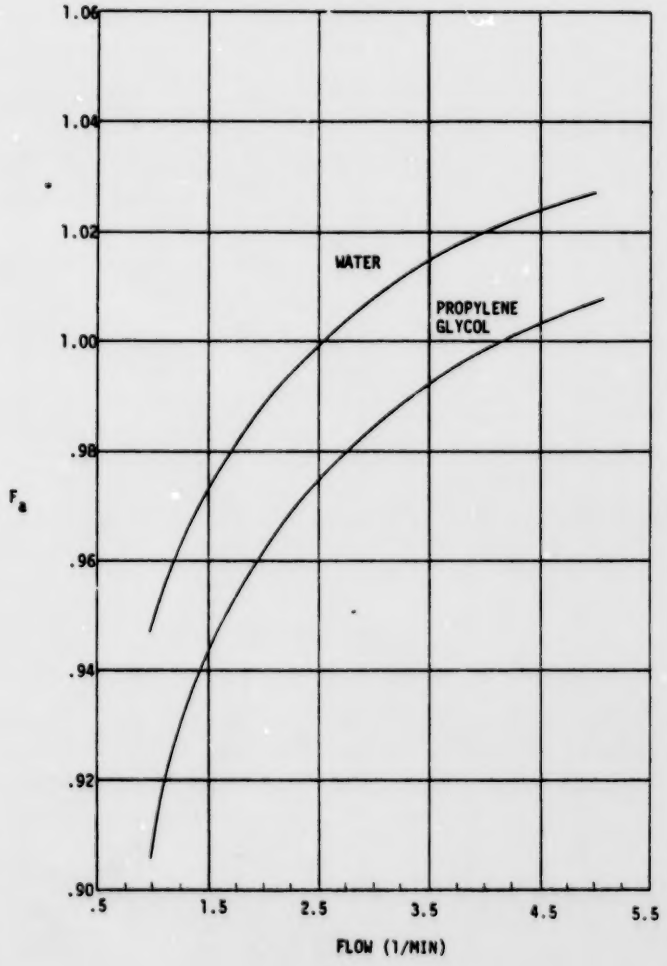
Temspec Sunrich L-200
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	9.0 L/min	.CSIA Data Sheet, 015L December 1980
Fluid	propylene glycol/water, 40/60 by mass	
Date of test	unknown	
$F_r(\tau\alpha)$	0.71	
F_rU_L	6.1 W/m^2.°C	



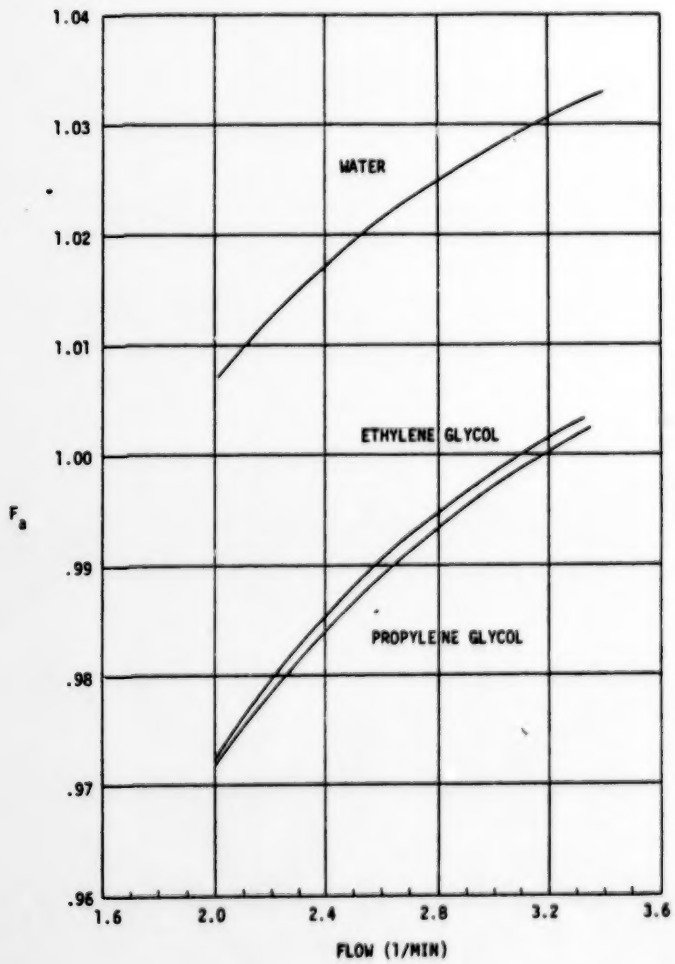
Thermo Solar CIM-1 and CIM-2
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	2.5 L/min	.CSIA Data Sheet, 7 October 1980
Fluid	water	
Date of test	August, 1980	
$F_r(\tau\alpha)$	0.721 (CIM-1) 0.730 (CIM-2)	
F_rU_L	4.71 W/m^2.°C	



Watershed L-100
Single-Glazed
Liquid Flat Plate

Test Data		Source of Information
Flow rate	3.2 L/min	.Manufacturers literature Undated
Fluid	water/propylene glycol 50/50 by volume	(not current)
Date of test	unknown	
$F_r(\tau\alpha)$	0.687	
F_rU_L	5.26 W/m^2.°C	



Guide technique

Travaux publics Canada | Public Works Canada

Bureau des programmes solaires (613) 996-6817

N° 2: Juin 1982

Ajustement des courbes de performance thermique en fonction des variations du débit et des caractéristiques du fluide de capteurs solaires

1. SOMMAIRE

La courbe de performance thermique montrée sur les fiches techniques de produits solaires (Solar Product Data Sheets) est établie à partir d'essais réalisés a l'aide d'eau ou d'un mélange eau-glycol à un débit spécifié par le fabricant du capteur. Une modification du débit, des caractéristiques du fluide caloporteur ou des deux fait varier la performance thermique du capteur ainsi que les valeurs de $F_r(\tau\alpha)$ et de $F_r(U_L)$.

Pour un certain nombre de capteurs utilisés actuellement dans les projets d'A.U.E.S., on fournit un graphique qui permet de déterminer un facteur de correction "F_a" dans des conditions d'utilisation particulières. On peut ensuite appliquer la valeur de "F_a" à la courbe de performance thermique afin d'obtenir une lecture plus précise de l'efficacité thermique du capteur (η) pour la méthode des courbes à f constant ou les calculs de même nature.

2. PRÉSENTATION DU PROBLEME

- On effectue les essais des capteurs en se servant d'eau ou d'un mélange eau-glycol comme fluide caloporteur, à un débit spécifié par le fabricant.

- La courbe d'efficacité du capteur donnée sur les fiches techniques de produits solaires est donc valide seulement dans les conditions d'essai.

- Une modification du débit, du fluide caloporteur ou des deux peut faire varier la quantité d'énergie captée et l'efficacité thermique du capteur utilisé dans ces conditions. Les calculs en vue de déterminer les paramètres des systèmes peuvent donc comporter une marge d'erreur de 5% à 10% de la performance réelle, attribuable à ces effets.

- La comparaison de la performance de différents capteurs est aussi imprécise lorsque les données sur les capteurs sont déduites d'essais réalisés dans des conditions différentes.

3. APPROCHE

- On a étudié l'effet du débit et du type de fluide caloporteur sur la performance thermique des capteurs. Toutes les données ont été prises sur les fiches techniques ou obtenues directement des fabricants.

- Pour chaque capteur approuvé dans le programme d'A.U.E.S., on a établi un facteur de correction "F_a" unique et on l'a représenté graphiquement en fonction du débit (litres par minute).

- On peut donc se servir de "F_a" pour corriger les valeurs de $F_r(\tau\alpha)$ et de $F_r(U_L)$ déterminées par des essais, qui sont données sur les courbes d'efficacité thermique dans les fiches techniques.

- Étant donné que la plupart des capteurs à liquide peuvent contenir plusieurs types de fluide caloporteur, on a établi des valeurs de "F_a" pour différents fluides (sauf lorsque le fabricant interdit l'utilisation d'un fluide particulier):

  i) eau
  ii) éthylèneglycol - 50/50 dans l'eau
  iii) propylèneglycol - 50/50 dans l'eau

- On a évalué toutes les propriétés des fluides à 37,8°C, sauf celles des capteurs en plastique pour piscine, qu'on a évaluées a 27,7°C.

- Tous les calculs sont basés sur la superficie brute des capteurs.

. . ./3

- On considère que U_L ne varie pas de façon appréciable dans la gamme normale des conditions d'utilisation.

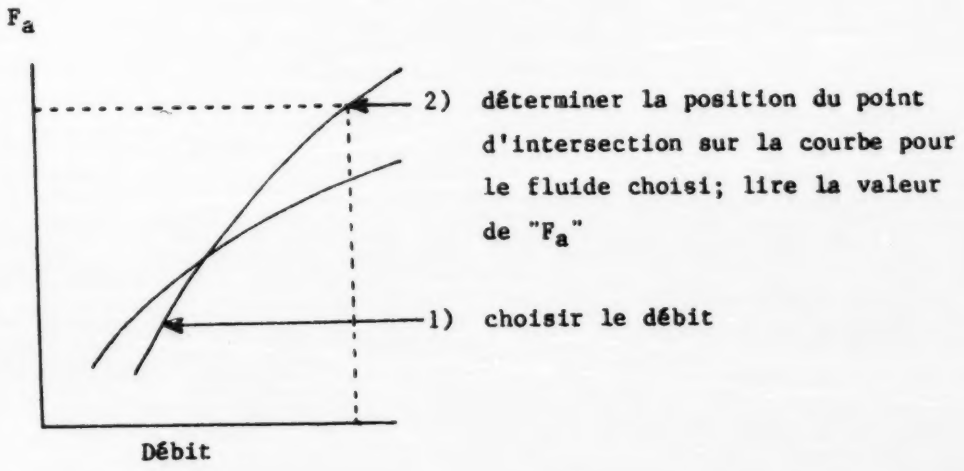
- τ et α sont des propriétés du matériau qui sont indépendantes du type de fluide caloporteur.

4. UTILISATION DES GRAPHIQUES DE F_a

- Trouver le graphique de F_a pour le capteur requis.

- Note: en l'absence d'un graphique, on peut calculer la valeur de F_a de la façon indiquée dans le Guide technique n° 3.

- Sur le graphique, on peut lire la valeur de F_a (axe des y) lorsqu'on connaît le débit du capteur pour un fluide caloporteur donné:



4.1 Détermination d'une valeur corrigée de F_r ($\tau\alpha$):

$F_r(\tau\alpha)$ corrigé = $\{F_a \quad F_r(\tau\alpha)$ essai$\}$
où $\{F_r(\tau\alpha)$ essai$\}$ est pris sur la courbe d'essai de performance du capteur de la fiche technique.

. . ./4

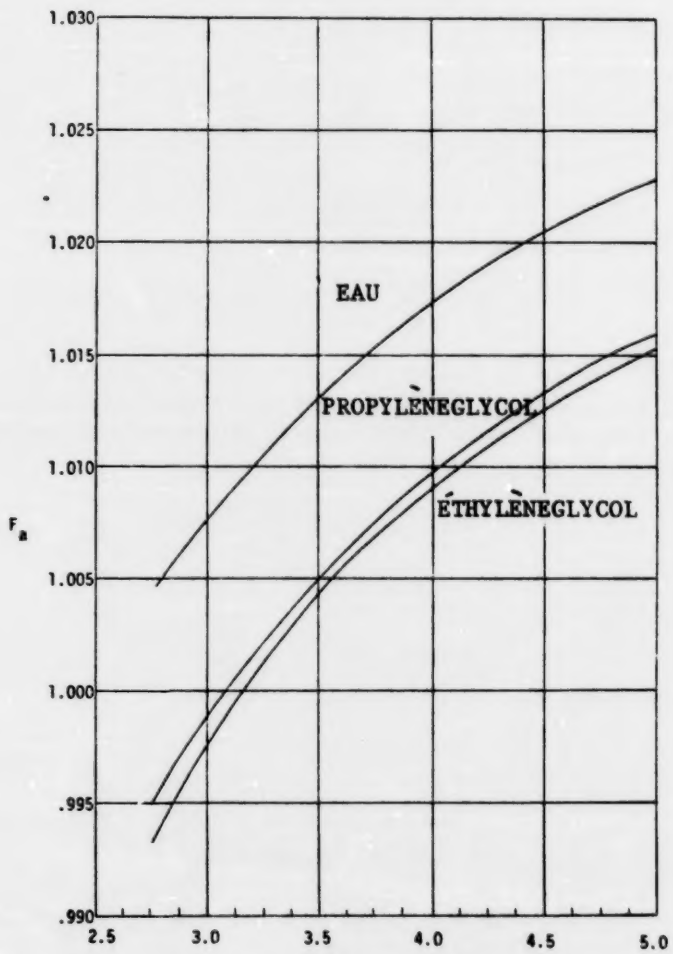
4.2 **Détermination d'une valeur corrigée de $F_r(U_L)$:**

$F_r(U_L)$ corrigé = F_a $\{F_r(U_L)$ essai$\}$
où $\{F_r(U_L)$ essai$\}$ est pris sur la courbe de performance du capteur de la fiche technique.

Le contenu du présent Guide technique est basé en partie sur le travail effectué par la UNIES Ltd. de Winnipeg, en vertu du contrat n° 330-300-6 avec TPC.

Amherst 100
Capteur à plan liquide
Simple vitrage

Données de l'essai		Source
Débit	2.8 L/min	.Fiche technique de l'AISC 1 Octobre 1981
Fluide	eau/propylèneglycol 65/35 en volume	
Date de l'essai	Janvier 1977	
$F_r(\tau\alpha)$	0.74	
F_rU_L	5.5 $W/m^2.°C$	



SR24/A

Amherst 200
Capteur plan à air
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	456 - 828 L/min	.Fiche technique de L'AISC 8 Octobre 1980
Fluide	air	
Date de l'essai	Octobre 1980	
$F_r(\tau\alpha)$	0.83	
F_rU_L	8.3 $W/m^2.°C$	

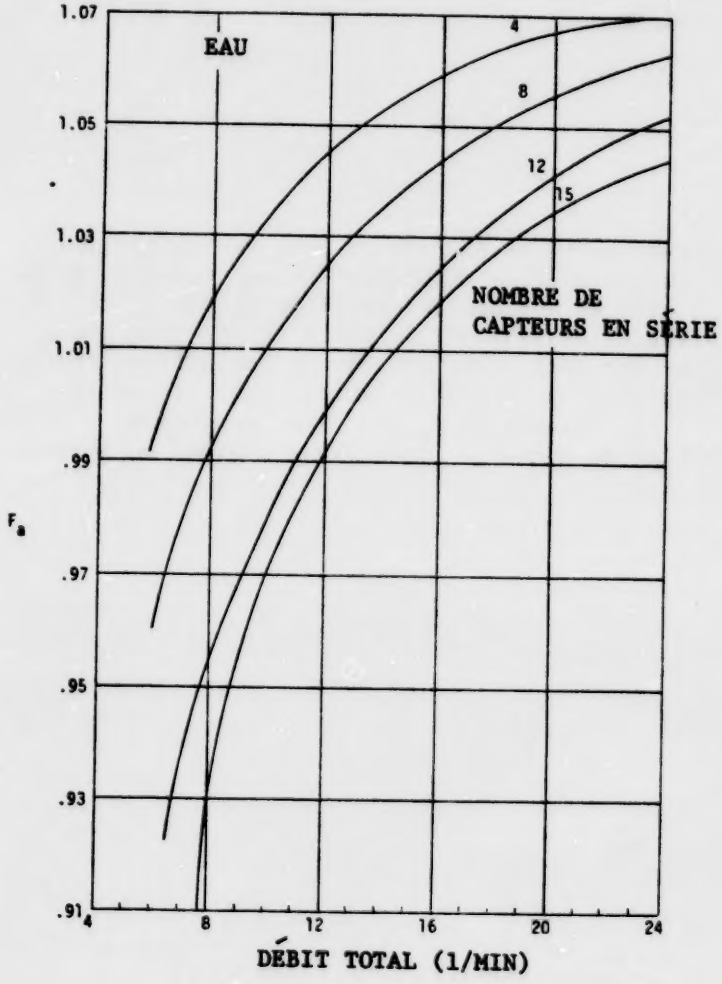
La valeur de F_r, basée sur la performance spécifiée par le fabricant, ne varie pas de façon appréciable dans la gamme normale de débit. On peut donc considérer que F_a a une valeur unitaire.

Nortec TD 1000
Capteur à diode photothermique
Simple vitrage

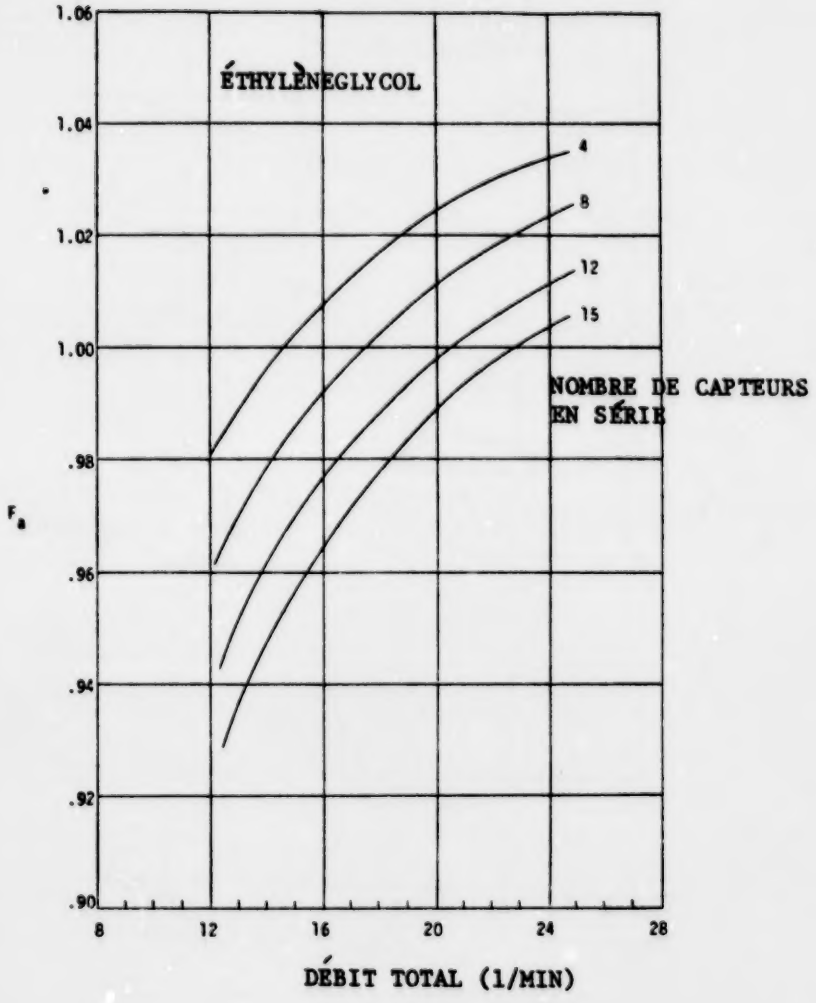
Données d'essai		Source
Débit	6.4 L/min corrigé à 1.6 L/min/capteur	.Fiche technique de l'AISC 26 mai 1981
Fluide	eau	
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.71	
F_rU_L	3.9 W/m^2.°C	

La méthode d'analyse utilisée pour le TD 1000 est différente de celle utilisée pour les autres capteurs, car les capteurs de ce type sont conçus pour être raccordés en série plutôt qu'en parallèle. Les variations du coefficient d'échange thermique, H_f, sont donc très marquées. Par conséquent, on utilise trois graphiques distincts, un pour chaque fluide, pour tracer le graphique de F_a. Les valeurs de F_a sont représentées en fonction du débit et du nombre de capteurs raccordés en série.

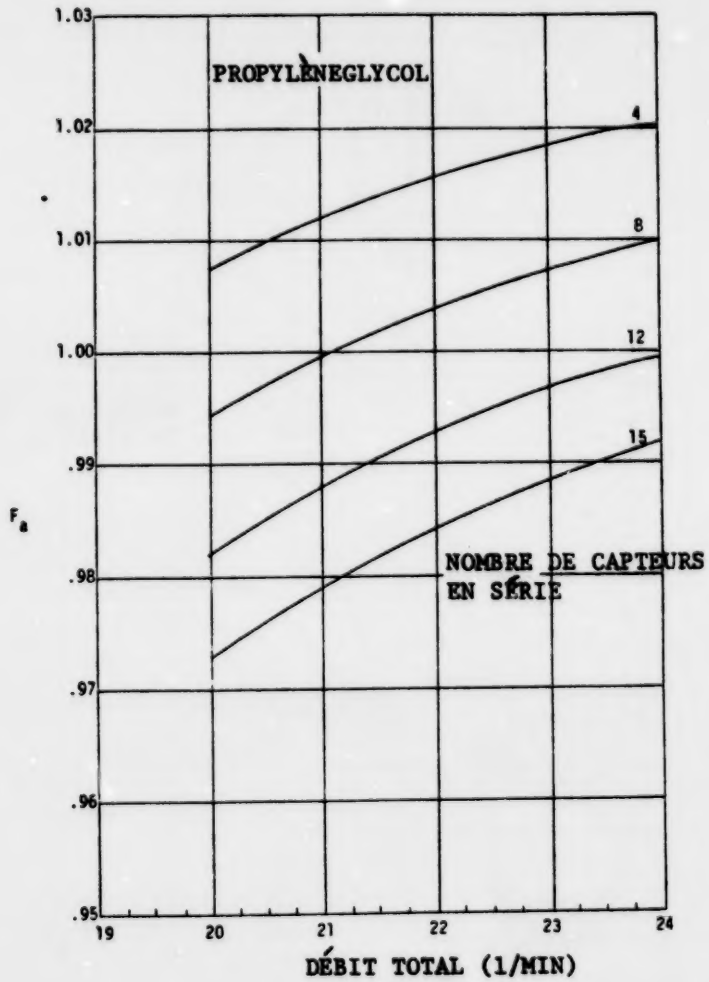
Nortec TD 1000
Eau



Nortec TD 1000
Ethylèneglycol



Nortec TD 1000
Propylèneglycol



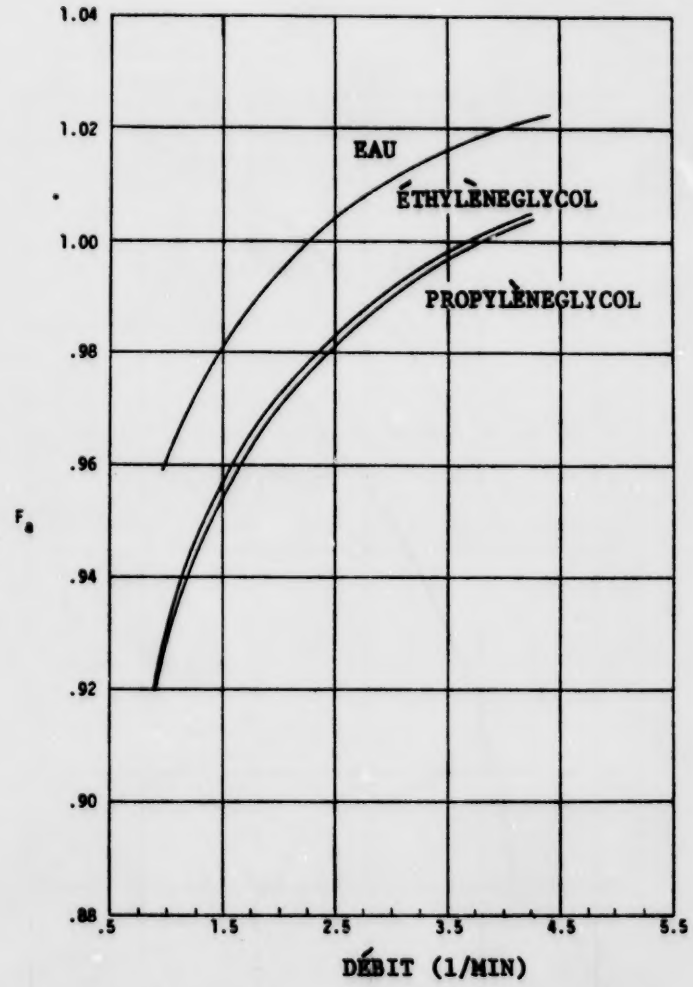
Sol-100 de Solarsystems
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

Données d'essai

Débit	2.3 L/min
Fluide	eau
Date de l'essai	inconnu
$F_r(\tau\alpha)$	0.66
F_rU_L	4.0 W/m^2.°C

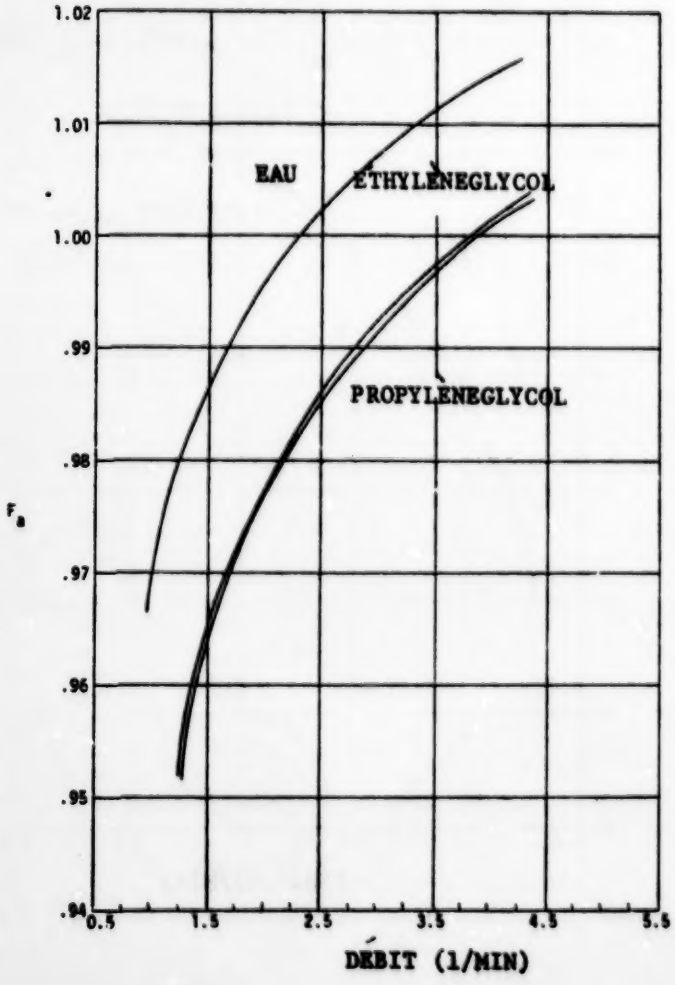
Source

. Fiche technique de l'AISC 5
Octobre 1980



Sol-100 de Solarsystems
Capteur plan à liquide
Double vitrage

Données d'essai		Source
Débit	2.3 L/min	.Fiche technique de L'AISC 5 Octobre 1980
Fluide	eau	
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.625	
F_rU_L	3.10 W/m^2.°C	



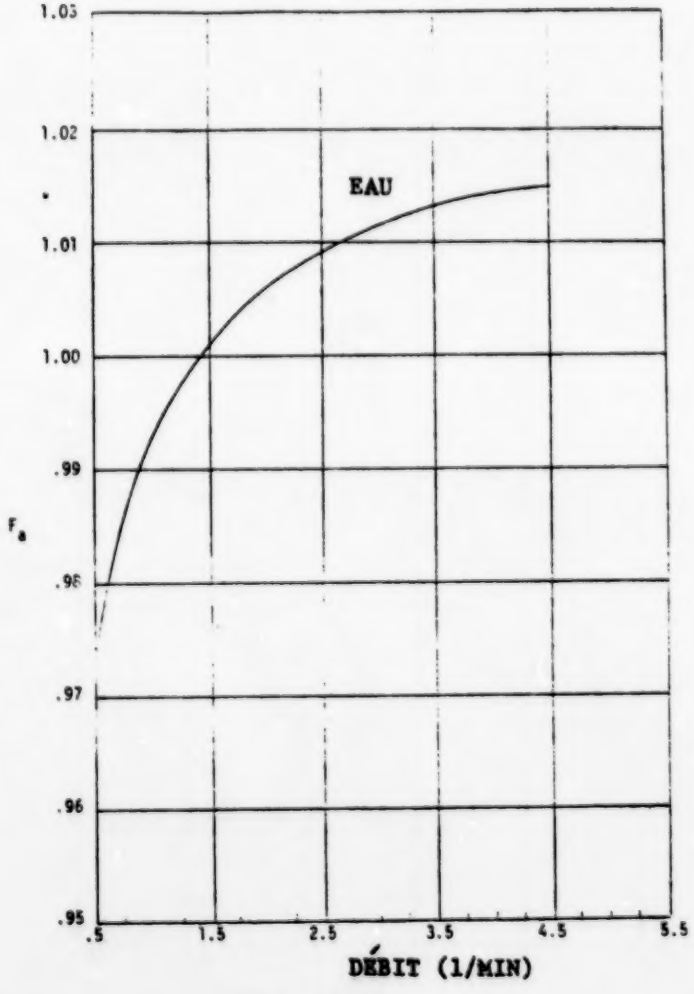
Module Solartech ETC
Capteur à tubes sous vide

Données d'essai

Débit	1.38 L/min
Fluide	eau
Date de l'essai	inconnu
$F_r(\tau\alpha)$	0.43
F_rU_L	1.6 W/m^2.°C

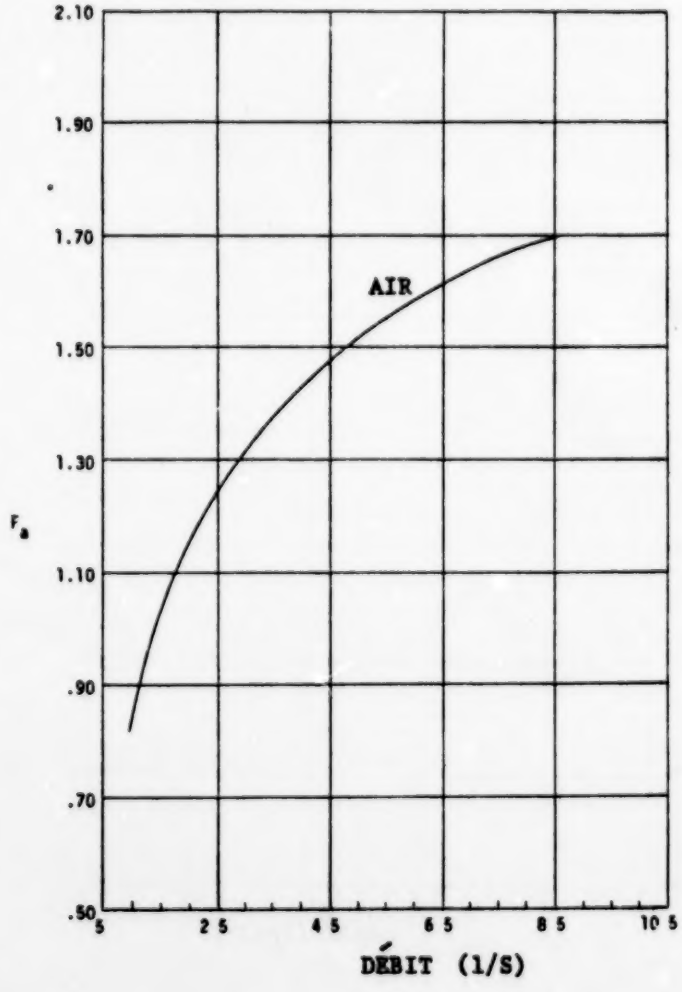
Source

.Fiche technique de l'AISC, 012E
Décembre 1980



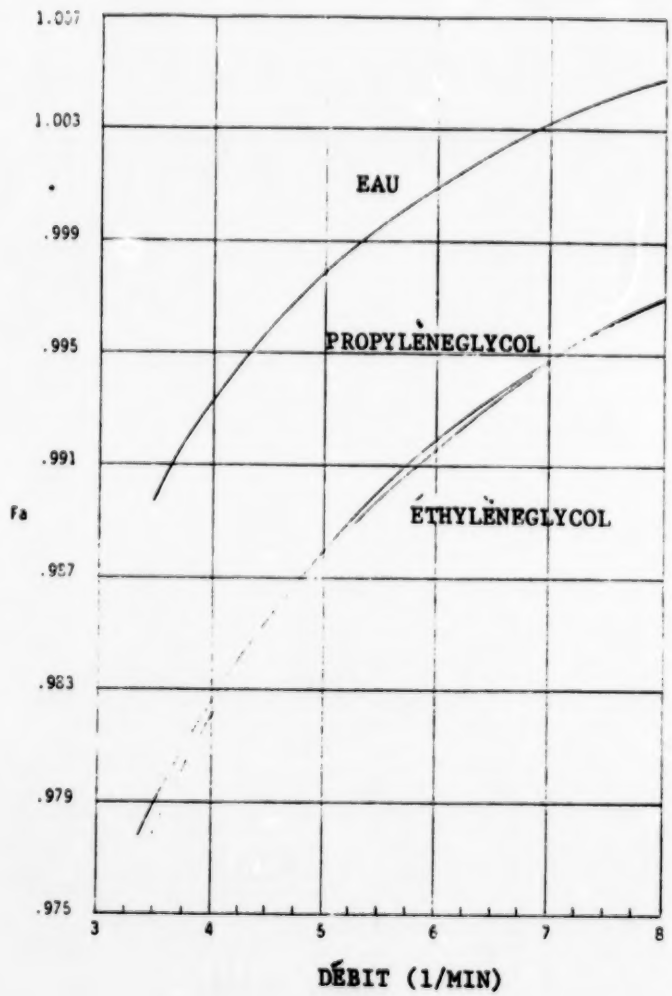
Solartech Solair
Capteur plan à air
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	8.92 L/min	.Fiche technique de l'AISC Octobre 1980
Fluide	air	
Date de l'essai	Octobre 1978	
$F_r(\tau\alpha)$	0.46	
F_rU_L	2.9 W/m^2.°C	



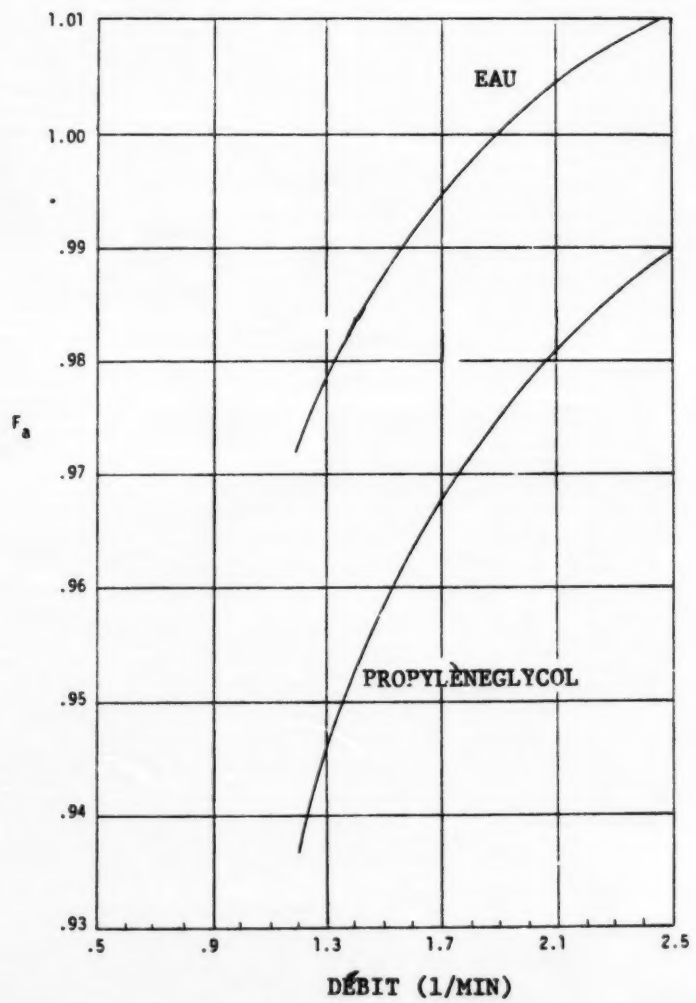
Solartronics SP 1000
Capteur plan en plastique à liquide
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	5.7 L/min	.Fiche technique de 1'AISC, 013L (non actuelle)
Fluide	eau	
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.730	
F_rU_L	9.86 W/m^2.°C	



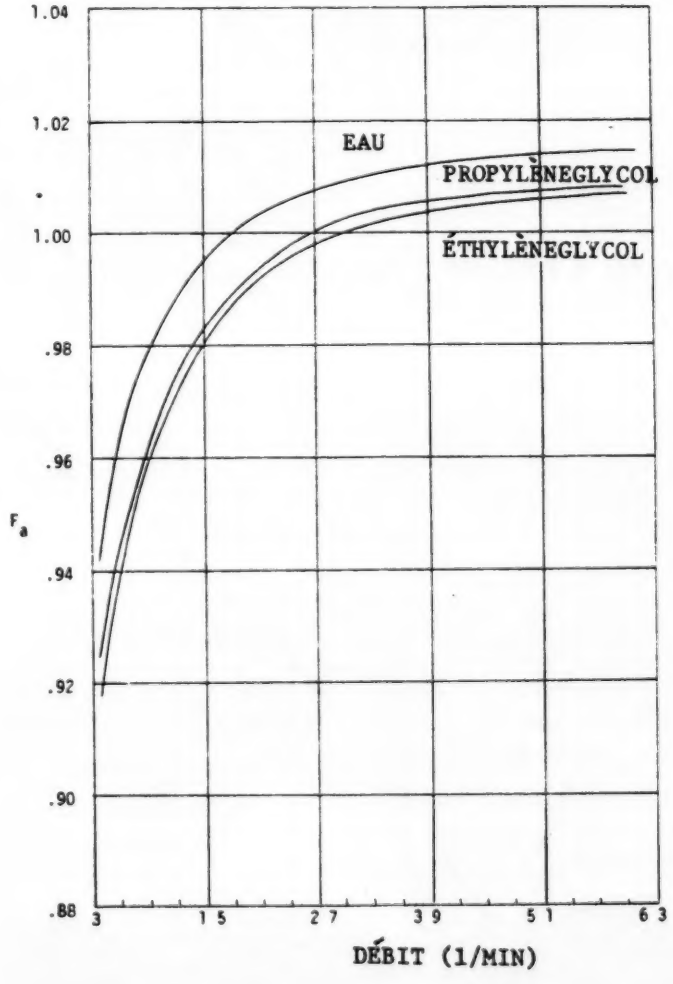
Solcan 2003
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	1.93 L/min	.Fiche technique de l'AISC, 014L Décembre 1980
Fluide	eau	
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.55	
F_rU_L	5.7 W/m^2.°C	



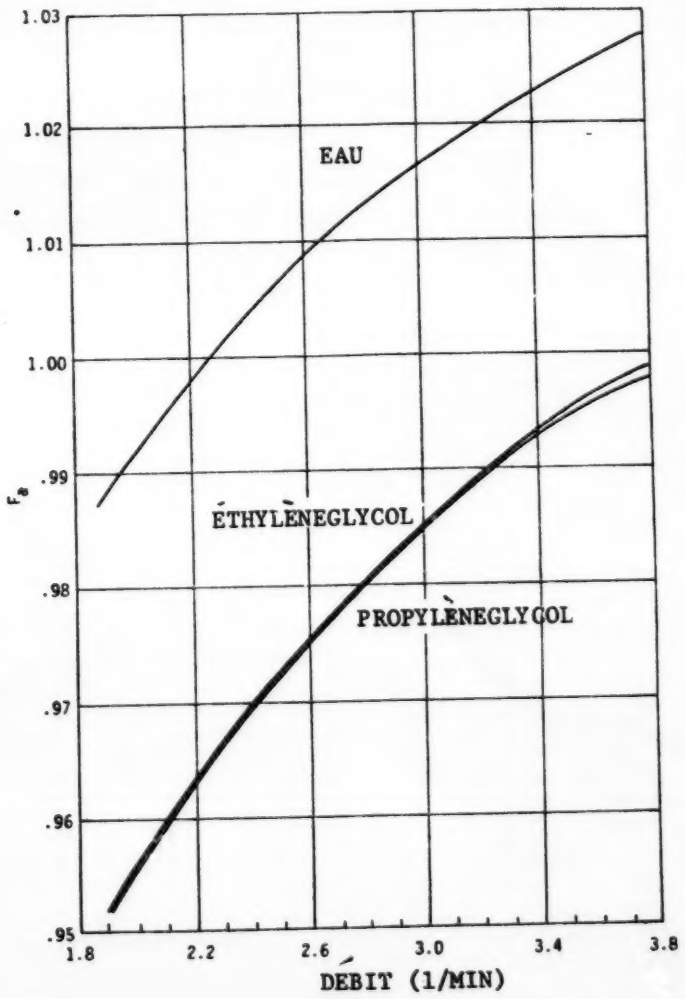
Sunglo Solar
Capteur plan en plastique à liquide
Sans vitrage

Données d'essai		Source
Débit	19.0 L/min	.Fiche technique de 1'AISC, 016L Décembre 1980 (non actuelle)
Fluide	eau	
Date de l'essai	Avril 1981	
$F_r(\tau\alpha)$	0.763	
F_rU_L	14.5 W/m^2.°C	



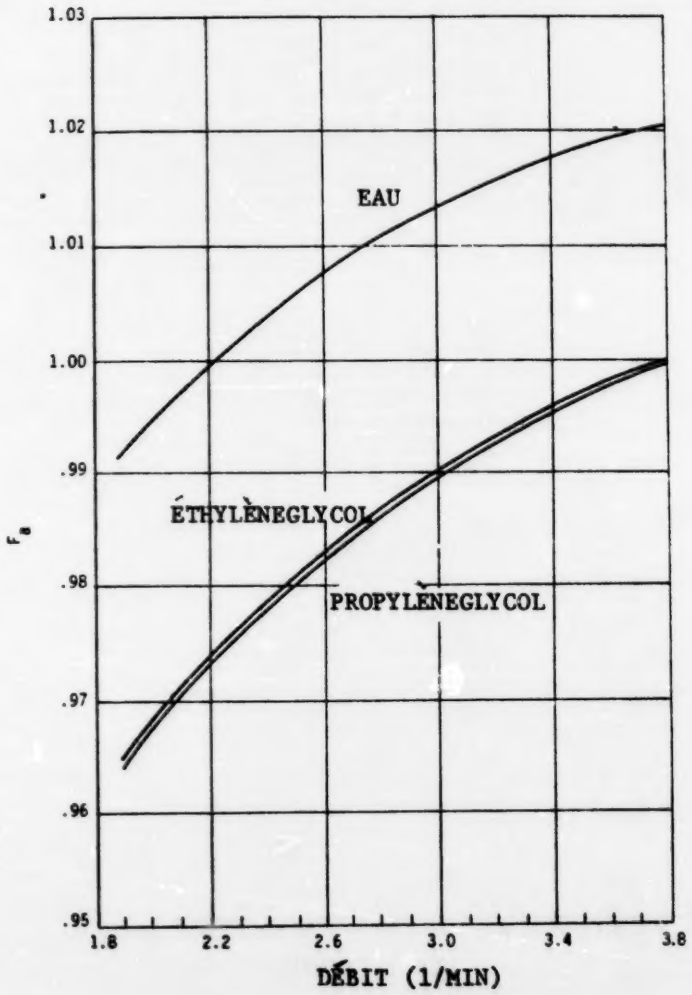
Série Sun Ray 37
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	2.1 - 2.4 L/min	.Fiche technique de l'AISC, 011L Décembre 1980 (non actuelle)
Fluide	eau	
Date de l'essai	Juin 1979	
$F_r(\tau\alpha)$	0.68	
F_rU_L	6.4 W/m^2.°C	



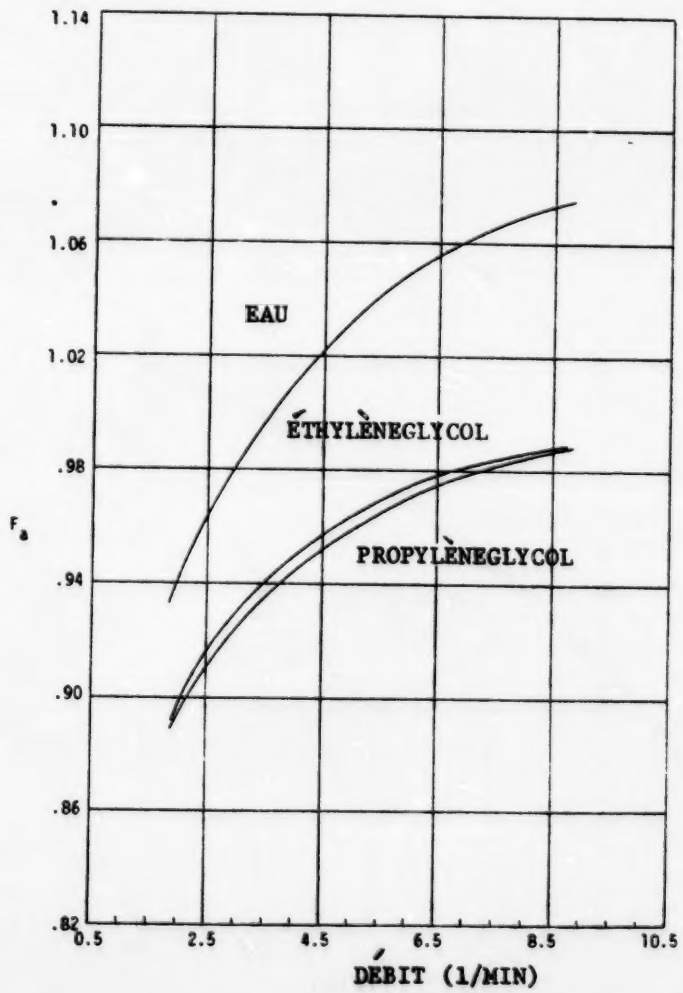
Série Sun Ray 37
Capteur plan à liquide
Double vitrage

Données d'essai		Source
Débit	2.1 - 2.4 L/min	.Fiche technique de 1'AISC, 011L Décembre 1980 (non actuelle)
Fluide	eau	
Date de l'essai	Juin 1979	
$F_r(\tau\alpha)$	0.60	
F_rU_L	4.8 W/m^2.°C	



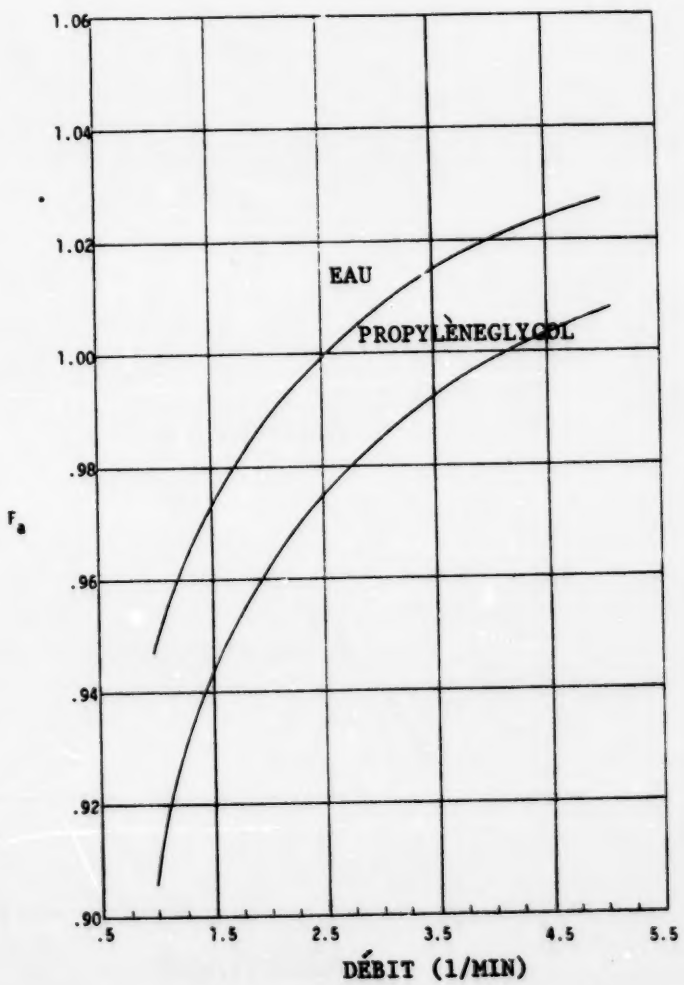
Temspec Sunrich L-200
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

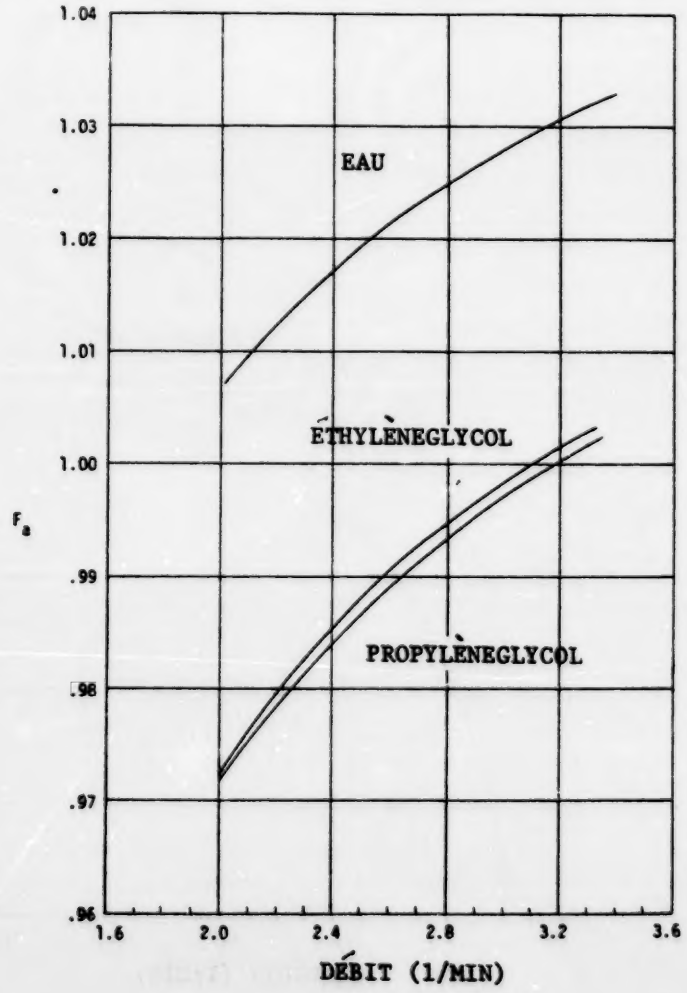
Données d'essai		Source
Débit	9.0 L/min	.Fiche technique de L'AISC,015L Décembre 1980
Fluide	propylèneglycol/eau 40/60 en masse	
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.71	
F_rU_L	6.1 W/m^2.°C	



Thermo Solar CIM-1 et CIM-2
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	2.5 L/min	.Fiche technique de l'AISC 7 Octobre 1980
Fluide	eau	
Date de l'essai	Août 1980	
$F_r(\tau\alpha)$	0.721 (CIM-1) 0.730 (CIM-2)	
F_rU_L	4.71 W/m^2.°C	



Watershed L-100
Capteur plan à liquide
Simple vitrage

Données d'essai		Source
Débit	3.2 L/min	.Documentation des fabricants
Fluide	eau/propylèneglycol 50/50 en volume	(non actuelle)
Date de l'essai	inconnu	
$F_r(\tau\alpha)$	0.687	
F_rU_L	5.26 W/m^2.°C